

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 10 月 14 日 (14.10.2004)

PCT

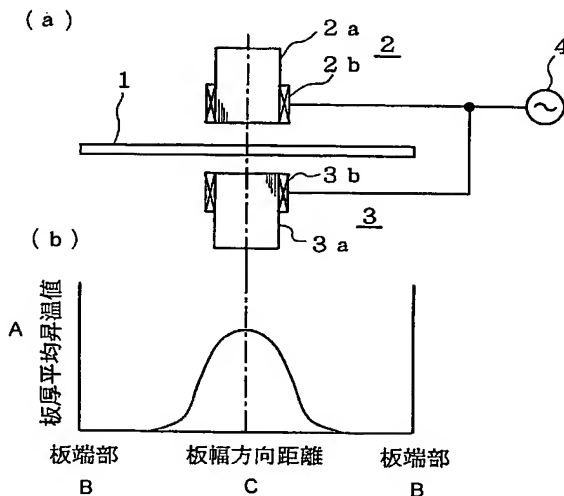
(10) 国際公開番号
WO 2004/089041 A1

- (51) 国際特許分類: H05B 6/10, B21B 45/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004174 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 江口 俊信 (EGUCHI, Toshinobu) [JP/JP]; 〒6660122 兵庫県川西市東多田三丁目 5 番 8 号 多田電機株式会社内 Hyogo (JP). 坂本 秀夫 (SAKAMOTO, Hideo) [JP/JP]; 〒6660122 兵庫県川西市東多田三丁目 5 番 8 号 多田電機株式会社内 Hyogo (JP). 西条 哲弘 (SAIJOU, Norihiro) [JP/JP]; 〒6660122 兵庫県川西市東多田三丁目 5 番 8 号 多田電機株式会社内 Hyogo (JP).
(22) 国際出願日: 2004 年 3 月 25 日 (25.03.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2003-095010 2003 年 3 月 31 日 (31.03.2003) JP (74) 代理人: 大岩 増雄, 外 (OIWA, Masuo et al.); 〒6610012 兵庫県尼崎市南塚口町 2 丁目 1 4 - 1 Hyogo (JP).
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

[続葉有]

(54) Title: TRANSVERSE TYPE INDUCTION HEATING DEVICE

(54) 発明の名称: トランスバース型誘導加熱装置



1 : 被圧延材
2, 3 : インダクタ
2a, 3a : 鉄心
2b, 3b : コイル

A...PLATE-THICKNESS AVERAGE TEMPERATURE RISE VALUE
B...PLATE END PORTION
C...PLATE-WIDTH DIRECTION DISTANCE
1...MATERIAL TO BE ROLLED
2, 3...INDUCTOR
2a, 3a...IRON CORE
2b, 3b...COIL

(57) Abstract: A transverse type induction heating device for heating a material to be rolled (1) by inductors (2, 3) to which power is supplied from an ac power supply (4), wherein the inductors (2, 3) are disposed on the plate-width center line of the material to be rolled (1) so that the iron core width, in the plate-width direction of the material to be rolled (1), of the inductors (2, 3) is made smaller than the plate-width of the material to be rolled (1), and the heating frequency of the ac power supply (4) is set so that a current penetration depth δ in the expression (1) satisfies the expression (2) when a current penetration depth is δ (m), the specific resistance of the material to be rolled (1) ρ ($\Omega \cdot m$), the magnetic permeability of the material (1) μ (H/m), the heating frequency of the ac power supply (4) f (Hz), a circle ratio π and the plate thickness of the material (1) tw (m). $\delta = \{ \rho / (\mu \cdot f \cdot \pi) \}^{1/2}$ ----- (1) $(tw / \delta) < 0.95$ ----- (2)

(57) 要約: 被圧延材 1 を交流電源 4 から電力が供給されるインダクタ 2, 3 により加熱するトランスバース型誘導加熱装置において、インダクタ 2, 3 の被圧延材 1 の板幅方向の鉄心幅を被圧延材 1 の板幅より小さくして被圧延材 1 の板幅中心線上に配置し、電流浸透深さを δ (m)、被圧延材 1 の比抵抗を ρ ($\Omega \cdot m$)、被圧延材 1 の透磁率を μ (H/m)、交流電源 4 の加熱周波数を f (Hz)、円周率を π 及び被圧延材 1 の板厚を tw (m) としたときに、式 (1) の電流浸透深さ δ が式 (2) を満足させる $\delta = \{ \rho / (\mu \cdot f \cdot \pi) \}^{1/2}$ (1) $(tw / \delta) < 0.95$ (2)

ように交流電源 4 の加熱周波数を設定する。
 $\delta < 0.95$ (2)



BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

トランスバース型誘導加熱装置

5 技術分野

この発明は、鉄鋼熱延ラインに配置されるトランスバース型誘導加熱装置に関するものである。

背景技術

- 10 従来のソレノイド型誘導加熱装置においては、表皮効果によって表面のみが高温になっているのを、板内部に熱エネルギーが十分に拡散して表面の温度が板厚中央より低くなるように所定の時間を取り、板厚方向の温度分布が適切になるようにする。

例えば、特開平 10-128424 号公報（第 5 頁、図 1）を参照。

- 15 さらに、トランスバース型誘導加熱装置においては、仕上圧延機の入側で被圧延材の先端部又は尾端部の幅方向にインダクタを移動させて被圧延材の全範囲を加熱すると共に、インダクタを被圧延材の幅方向端部に移動させて幅方向端部を連続的に加熱するように構成されている。

例えば、特開平 1-321009 号公報（第 3 頁、第 1 図）を参照。

- 20 従来のソレノイド型誘導加熱装置では、加熱周波数が高くなるほど誘導電流が被圧延材の表面に集中して流れ、表面の過昇温が大きくなる。

また、板厚が厚いほど、内部に対する表面の過昇温が大きくなる。

このため、板厚方向の温度分布を適切にする十分な時間が必要となるという問題点があった。

- 25 さらに、トランスバース型では、被圧延材の板幅方向の端部及び板の先端部、尾端部のみの加熱を目的としたものであり、板先端部、板尾端

部の板幅方向の加熱を行うためにインダクタを板幅中央部に移動させているので、被圧延材の長手方向の板幅中央部を連続的に加熱できないという問題点があった。

5 発明の開示

この発明は、以上のような課題を解決するためになされたもので、被圧延材の長手方向の板幅中央部を連続的に加熱すると共に、被圧延材の表面が過昇温になるのを防止することができるトランスバース型誘導加熱装置を提供することを目的としたものである。

- 10 この発明に係わるトランスバース型誘導加熱装置は、インダクタを被圧延材を挟んで対向するように配置して、搬送ロールにより搬送される被圧延材を交流電源から電力が供給されるインダクタにより加熱するトランスバース型誘導加熱装置において、インダクタの被圧延材の板幅方向の鉄心幅を被圧延材の板幅より小さくして被圧延材の板幅中心線上に
- 15 配置し、電流浸透深さを δ (m)、被圧延材の比抵抗を ρ ($\Omega \cdot m$)、被圧延材の透磁率を μ (H/m)、交流電源の加熱周波数を f (Hz)、円周率を π 及び被圧延材の板厚を tw (m)としたときに、下記式(1)の電流浸透深さ δ が下記式(2)を満足させるように交流電源の加熱周波数が設定されたものである。

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f \cdot \pi}} \quad \text{----- (1)}$$

$$\frac{tw}{\delta} < 0.95 \quad \text{----- (2)}$$

20

25

図面の簡単な説明

第 1 図は、この発明の実施の形態 1 におけるトランスバース型誘導加熱装置の構成図である。

第 2 図は、第 1 図における（板厚）／（浸透深さ）比率と（板表面）
5 ／（板中央発熱密度）比との関係を示す説明図である。

第 3 図は、第 2 図を拡大した説明図である。

第 4 図は、トランスバース型とソレノイド型の板厚み方向に対する発熱密度分布を示す説明図である。

第 5 図は、この発明の実施の形態 2 におけるトランスバース型誘導加熱装置の構成図である。
10

第 6 図は、トランスバース型とソレノイド型による加熱前後の板温度履歴を示す説明図である。

第 7 図は、この発明の実施の形態 3 におけるトランスバース型誘導加熱装置のコイル結線を示す説明図である。

第 8 図は、第 7 図において、被圧延材と上インダクタの鉄心及び下インダクタの鉄心とのギャップに対する電気損失を示す説明図である。
15

第 9 図は、この発明の実施の形態 4 を示す構成図である。

第 10 図は、被圧延材とインダクタの鉄心とのギャップを変化させた場合の板厚み方向の昇温分布を示した説明図である。

第 11 図は、（上ギャップ）／（下ギャップ）の比率に対する（板上表面発熱密度）／（板下表面発熱密度）の比率を示す説明図である。
20

第 12 図は、この発明の実施の形態 5 における説明図である。

発明を実施するための最良の形態

25 実施の形態 1.

第 1 図は、この発明の実施の形態 1 におけるトランスバース型誘導加熱装置の構成図である。

熱装置の構成図、第2図は第1図における（板厚）／（浸透深さ）比率と（板表面）／（板中央発熱密度）比との関係を示す説明図、及び第3図は第2図を拡大した説明図である。

第1図から第3図において、鉄鋼熱延ラインの粗圧延機（図示せず）と仕上げ圧延機（図示せず）との間で搬送ロール（図示せず）により被圧延材1が搬送されている。

そして、被圧延材1を挟んで対向するように一対（1組）のインダクタ2，3が上下に配置されている。インダクタ2，3は、それぞれ被圧延材1の板幅方向の鉄心幅が被圧延材1の板幅より小さい鉄心2a，3aと、鉄心2a，3aに巻回されたコイル2b，3bとで構成されている。

各コイル2b，3bには交流電源4から高周波電力が供給され、鉄心2a，3aより発生する磁束で被圧延材1が誘導加熱される。

ところで、インダクタ2，3の鉄心幅は加熱パターンにより決定されるが、被圧延材1の板幅から300mmを減じた値以下とし、さらにインダクタ2，3を被圧延材1の板幅中心線上に配置することにより、板幅端部の過昇温がほぼ解消されると共に、第1図（b）に示すように板幅中央部を加熱することが実験によって確認できた。

ここで、インダクタ2，3を被圧延材1の中心線上に配置するということは、インダクタ2，3の中心が板幅中心線と一致するように配置することも含めて、鉄心2a，3aの一部が板幅中心線上に存在するように板幅の中央部にインダクタ2，3を配置することである。

鉄鋼熱延ラインでは被圧延材1の板幅が600～1900mmというように範囲が大きい。従って、インダクタ2，3の鉄心2a，3aの鉄心幅は、300～700mmの範囲に設定するのがよい。

式（1）は誘導加熱による電流浸透深さ δ （m）の計算式を示す。

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f \cdot \pi}} \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここで、 ρ は被圧延材1の比抵抗($\Omega \cdot m$)、 μ は比圧延材1の透磁率
5 (H/m)、 f は交流電源4の加熱周波数(Hz)、及び π は円周率である。

式(1)による電流浸透深さ δ と被圧延材1の板厚 t_w との比率と、
板表面と板厚み中央部との発熱密度比率の関係が第2図及び第3図に示
されている。

10 加熱前における板厚み方向の温度分布は放熱の影響により板表面の温
度が板厚み中央より低くなっている。

そこで、(板表面)/(板厚み中央)の発熱密度比を1.05以下にす
ることにより、板表面を適正に加熱することが可能となる。

この関係を満足するための条件は、第3図から被圧延材1の板厚 t_w
15 と電流浸透深さ δ との関係が式(2)となる周波数を選択すればよい。

$$\frac{t_w}{\delta} < 0.95 \quad \text{-----} \quad (2)$$

鉄鋼熱延ラインにおいて所定の加熱温度で処理される被圧延材1の比
20 抵抗 ρ は大よそ $120 \mu\Omega \cdot cm$ 前後で、比透磁率が1である。

従って、被圧延材1の板厚 t_w に対する加熱周波数は、 $t_w = 25 mm$
では $439 Hz$ 、 $t_w = 30 mm$ では $305 Hz$ 、 $t_w = 40 mm$ で
は $171 Hz$ より低い適切な加熱周波数を選定すれば、板表面の過昇温
を防止して加熱することができる。

25 第4図はトランスバース型とソレノイド型の板厚み方向に対する発熱
密度分布を示す説明図である。

ソレノイド型は特性 5 に示すように理論的に板厚中心で発熱密度が 0 になり、板表面に発熱が集中する。

これに対して、トランスバース型は適切な周波数を選定することにより、特性 6 に示すように発熱分布をほぼ均一にすることができる。

- 5 実施の形態 1 において、インダクタ 2, 3 を被圧延材 1 の板幅中心線上に一对 (1 組) を配置したものについて説明したが、被圧延材 1 の進行方向に複数組のインダクタ 2, 3 を板幅方向で同一位置もしくは左右にスライドした位置に配置することにより、板幅の異なる被圧延材 1 に対応して最適な加熱パターンで加熱することができる。
- 10 また、実施の形態 1 において、インダクタ 2, 3 は磁極がそれぞれ 1 極のものについて説明したが、2 極以上の複数にしても同様の効果を期待することができる。

- さらに実施の形態 1 において、交流電源 4 が高周波電力を発生するものについて説明したが、50 Hz または 60 Hz の商用周波数電源としても式 (5) を満たすことができる。
- 15

実施の形態 2.

第 5 図は、この発明の実施の形態 2 におけるトランスバース型誘導加熱装置の構成図である。

- 第 5 図 (a) において、鉄鋼熱延ラインの粗圧延機 (図示せず) と仕上げ圧延機 (図示せず) との間で搬送ロール 7 a, 7 b により被圧延材 8 が搬送されている。
- 20

そして、被圧延材 8 を挟んで対向するようにそれぞれ 2 個 (複数) の磁極を備えた一对のインダクタ 9, 10 が配置されている。

- インダクタ 9, 10 はそれぞれ被圧延材 8 の板幅方向の鉄心幅が被圧延材 8 の板幅より小さい鉄心 9 a, 10 a と、各磁極に巻回されたコイル 9 b, 9 c, 10 b, 10 c とで構成されている。
- 25

各コイル 9 b, 9 c, 10 b, 10 c には交流電源（図示せず）から高周波電力が供給され、各鉄心 9 a, 10 a の磁極より発生する磁束で被圧延材 8 が誘導加熱される。

インダクタ 9, 10 の鉄心幅は実施の形態 1 と同様に被圧延材 8 の板幅から 300 mm を減じた値以下として、鉄心 9 a, 10 a を被圧延材 8 の板幅中心線上に配置する。

このような構成において、交流電源（図示せず）の周波数（即ち、加熱周波数）を 150 Hz、被圧延材 8 の板厚 40 mm、搬送速度 60 m/min、平均昇温量 20 °C の設定条件で加熱したとき、第 5 図（c）に示すように加熱中の板表面と板厚み中央とがほぼ均一に昇温する。

ここで、ソレノイド型誘導加熱装置においてソレノイドコイルで被圧延材をトランスバース型と同一条件で加熱した場合、被圧延材がソレノイドコイルを通過中は板厚み中央ではほとんど昇温しないで板表面が大きく昇温する。板表面は平均昇温値 20 °C の設定に対して一時に約 2.6 倍の 52 °C の過昇温となる。

被圧延材 8 の発熱分布は、第 5 図（b）に示すようにインダクタ 9, 10 と対向する部位から広がり、場合によってはインダクタ 9, 10 の前後に配置された搬送ロール 7 a, 7 b にまで達する。

このため、被圧延材 8 に流れる電流が搬送ロール 7 a, 7 b との接触点においてスパークが発生する可能性がある。

これを防止するために、搬送ロール 7 a, 7 b の表面を例えばセラミック塗料等の電気絶縁部材でコーティングして、被圧延材 8 に流れる電流が搬送ロール 7 a, 7 b に流れ込むのを防止する。

第 6 図はトランスバース型とソレノイド型による加熱前後の板温度履歴を示す説明図である。

ソレノイド型では昇温設定温度 20 °C に板表面及び板厚み中央が収

束するのに搬送速度 60 m p m のときに 20 秒以上、距離換算で 20 m を要する。

これに対して、トランスバース型では数秒以内で収束する。

実施の形態 3.

- 5 第 7 図は、この発明の実施の形態 3 におけるトランスバース型誘導加熱装置のコイル結線を示す説明図である。

第 7 図において、交流電源 4 は実施の形態 1 のものと同様のものであり、被圧延材 8 及びインダクタ 9, 10 は実施の形態 2 のものと同様のものである。

- 10 第 7 図 (a) において、各インダクタ 9, 10 のコイル 9 b, 9 c, 10 b, 10 c は直列に結線され、交流電源 4 及び整合コンデンサ 11 に接続されている。

- また、第 7 図 (b) では被圧延材 8 の上側に配置されたインダクタ 9 のコイル 9 b, 9 c, が直列接続され、下側に配置されたインダクタ 10 のコイル 10 b, 10 c が直列接続されている。

そして、被圧延材 8 の上側のコイル 9 b, 9 c と下側のコイル 10 b, 10 c とが交流電源 4 に並列接続されている。

- 第 7 図 (a) に示すようにインダクタ 9, 10 のコイル 9 b, 9 c, 10 b, 10 c が全て直列接続されている場合は、インダクタ 9, 10 が被圧延材 8 の上下に対称配置されていなくても全てのコイル 9 b, 9 c, 10 b, 10 c に流れる電流が同一となり、各インダクタ 9, 10 の電気損失が等しくなる。

- 一方、第 7 図 (b) に示すようにインダクタ 9 のコイル 9 b, 9 c とインダクタ 10 のコイル 10 b, 10 c とが並列接続されている場合は、被圧延材 8 に近い側のコイルのインピーダンスが小さくなって多くの電流が流れるので、被圧延材 8 に近い側のインダクタの電気損失が大きく

なる。

第8図は、被圧延材8と上インダクタ9の鉄心及び下インダクタ10の鉄心とのギャップに対する電気損失を示す説明図である。

第8図において、(a)は上下インダクタ9, 10の鉄心と被圧延材8とのギャップ90mmで等しい場合であり、(b)は上インダクタ9の鉄心と被圧延材8とのギャップが50mm、下インダクタ10の鉄心と被圧延材8とのギャップが130mmでコイル9b, 9c, 10b, 10cの接続が第7図(a)に示すものであり、(c)は上下インダクタ9, 10と被圧延材8とのギャップは(b)と同様で、コイル9b, 9cとコイル10b, 10cとを並列接続した第7図(b)に示すものである。

第8図は、いずれも被圧延材8の平均昇温量が等しくなる条件で比較したものである。

上下の各インダクタ9, 10の鉄心9a, 10aと被圧延材8とのギャップが等しい場合は、第8図(a)に示すように各インダクタ9, 10の電気損失が等しい。

これに対して、第7図(a)に示すように上側のコイル9b, 9cと下側のコイル10b, 10cとを直列接続した場合は、インダクタ9, 10が被圧延材8に対して対称配置されていなくても、全てのコイル9b, 9c, 10b, 10cに流れる電流が同じであるので、各インダクタ9, 10の電気損失がほぼ等しい。

また、第7図(b)に示すように上側コイル9b, 9cと下側コイル10b, 10cとを並列接続した場合は、第8図(c)に示すようにギャップが小さい上インダクタ9側の損失が大きくなり、第7図(a)のように接続した場合より損失が大きくなる。

以上のように、上側コイル9b, 9cと下側コイル10b, 10cとを並列接続すると被圧延材8に近い側のコイル9b, 9cに多くの電流

が流れて近い側のインダクタ 9 の電気損失が大きくなりコイルの冷却能力が不足するので、コイルに流せる電流が制限されて被圧延材 8 の昇温値が制限される可能性がある。

これに対して、第 7 図 (a) に示すように全てのコイル 9 b, 9 c, 5 10 b, 10 c を直列接続することにより各インダクタ 9, 10 の電気損失をほぼ等しくすることができる。

実施の形態 4.

第 9 図は、この発明の実施の形態 4 を示す構成図である。第 9 図において、被圧延材 1、インダクタ 2, 3 及び交流電源 4 は実施の形態 1 の 10 ものと同様のものである。

第 9 図において、被圧延材 1 の板幅方向に移動可能な台車 12 が配置されている。各インダクタ 2, 3 は被圧延材 1 を挟んで対向するように昇降手段 13, 14 を介して台車 12 に配置され、それぞれ個別に昇降可能である。

15 インダクタ 2, 3 のコイル 2 a, 3 a は台車 12 上に配置された整合コンデンサ 15, 16 を介して交流電源 4 に接続されている。なお、整合コンデンサ 15, 16 は台車 12 から分離して設置してもよい。

このように構成されたトランスバース型誘導加熱装置においては、被圧延材 1 の上下に配置されたインダクタ 2, 3 を昇降手段 13, 14 に 20 より昇降することにより、各インダクタ 2, 3 と被圧延材 1 とのギャップを任意に調整できる。

第 10 図は被圧延材 1 と上下に配置されたインダクタ 2, 3 の鉄心 2 a, 3 a とのギャップを変化させた場合の板厚み方向の昇温分布を示した説明図である。

25 上下のギャップが異なると上下のコイル 2 b, 3 b が直列接続か並列接続に拘わらず、ギャップが小さい側の板面の昇温が大きくなる傾向が

ある。

第 1 1 図は（上ギャップ）／（下ギャップ）の比率に対する（板上表面発熱密度）／（板下表面発熱密度）の比率を示す説明図である。

- 5 第 1 1 図において、上下のギャップが異なるとギャップの小さい側の板表面の昇温が大きくなる。

このように、上下のギャップが異なる場合には被圧延材 1 の厚み方向で昇温が異なることになるので、被圧延材 1 の板厚に応じて上下ギャップが同じになるように昇降手段 1 3，1 4 で各インダクタ 2，3 の位置を調整することにより、板上下面で昇温を合わせることができる。

- 10 インダクタ 2，3 を通過する前の被圧延材 1 の板厚み方向温度分布は、加熱炉内におけるガス加熱による焼き込み具合や被圧延材 1 を支持するスキッドレール（図示せず）への抜熱、あるいは加熱炉抽出後の搬送途上での搬送ロール（図示せず）への抜熱等に起因して、被圧延材 1 の下面側の温度が上面側より低い傾向にある。

- 15 このような被圧延材 1 の上下面の温度差は板の品質のばらつきや、機械加工性に影響を及ぼす可能性がある。

- しかし、上記構成によれば上下の各インダクタ 2，3 を昇降手段 1 2，1 3 で昇降させて各インダクタ 2，3 と被圧延材 1 とのギャップを調整して、下側のギャップを上側のギャップより小さくすることにより、板
20 下面を板上面より高く昇温できるので、板の上下面を均一な温度にすることができ。

実施の形態 5 .

第 1 2 図はこの発明の実施の形態 5 における説明図で、被圧延材の進行方向に複数台のトランスバース型誘導加熱装置を設置したものである。

- 25 第 1 2 図（a）は板先端通過時、第 1 2 図（b）は板尾端通過時である。

第12図において、被圧延材17が搬送ロール18a～18cにより図示左方から図示右方へ搬送されている。被圧延材17の進行方向にライン上流から誘導加熱装置19, 20が配置されている。

そして、誘導加熱装置19, 20はそれぞれ個別の交流電源（図示せず）を有する。ライン上流側の誘導加熱装置19に接続された交流電源（図示せず）の周波数をF1とし、ライン下流側の誘導加熱装置20に接続された交流電源（図示せず）の周波数をF2とする。

さらに上流側からn台目の交流電源（図示せず）の周波数をF_nとして、K=1.05～1.20としたときに上流側交流電源（図示せず）と下流側交流電源（図示せず）の周波数が式（3）を満たすように設定する。

$$F_1 > F_2 \times K > \dots > F_n \times K^{n-1} \quad \text{--- (3)}$$

トランスバース型誘導加熱装置は被圧延材17が上下インダクタ19a, 20a間に存在しない無負荷状態ではインピーダンスが大きくなるので、負荷の共振周波数に追従して運転するインバータを交流電源として使用している場合は、第12図に示すように負荷時よりも周波数が低下する。

被圧延材17が上流から搬送されていた先端部がインダクタ19a, 20aを通過する際に上流側の誘導加熱装置19の加熱周波数を下流側の誘導加熱装置20の加熱周波数より低く設定すると、板先端通過後の誘導加熱装置19と板先端部通過中の下流の誘導加熱装置20の加熱周波数が一瞬ではあるが一致する。

このため、隣接の誘導加熱装置19, 20間で磁気干渉が発生して、加熱温度が安定しないとか、電源がトリップする可能性がある。

しかし、ライン上流側の交流電源（図示せず）の周波数を下流側の交流電源（図示せず）の周波数より高くすることにより、上流側の誘導加

熱装置 19 を被圧延材 17 の板先端が通過後に電源がトリップするのを防止することができる。

【発明の効果】

- この発明によれば、インダクタの被圧延材の板幅方向の鉄心幅を被圧
5 延材の板幅より小さくして被圧延材の板幅中心線上に配置し、前掲の式
（１）の電流浸透深さ δ が前掲の式（２）を満足させるように加熱周波
数を選択することにより、被圧延材の長手方向の中央部を連続的に加熱
すると共に、板表面が過昇温することなく加熱することができる。

10 産業上の利用可能性

この発明は、被圧延材の長手方向の中央部を連続的に加熱すると共に、
被圧延材の板表面が過昇温することなく加熱することができるトランス
バース型誘導加熱装置の実現に有用である。

請 求 の 範 囲

1. 鉄心と、この鉄心に巻回されたコイルとからなるインダクタを鉄鋼
熱延ラインの粗圧延機と仕上げ圧延機との間で被圧延材を挟んで対向す
5 るように配置して、搬送ロールにより搬送される上記被圧延材を交流電
源から電力が供給される上記インダクタにより加熱するトランスバース
型誘導加熱装置において、

上記インダクタの上記被圧延材の板幅方向の鉄心幅を上記被圧延材の
板幅より小さくして上記被圧延材の板幅中心線上に配置し、電流浸透深
10 さを δ (m)、上記被圧延材の比抵抗を ρ ($\Omega \cdot m$)、上記被圧延材の透
磁率を μ (H/m)、上記交流電源の加熱周波数を f (Hz)、円周率を
 π 及び上記被圧延材の板厚を tw (m)としたときに、

下記式(1)の電流浸透深さ δ が下記式(2)を満足させるように、
上記交流電源の加熱周波数が設定されていることを特徴とするトランス
15 バース型誘導加熱装置。

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f \cdot \pi}} \quad \text{----- (1)}$$

20

$$\frac{tw}{\delta} < 0.95 \quad \text{----- (2)}$$

2. 請求項1において、上記インダクタの磁極が複数で構成されている
ことを特徴とするトランスバース型誘導加熱装置。

25 3. 請求項1又は請求項2のいずれか一項において、上記各コイルを直
列に接続したことを特徴とするトランスバース型誘導加熱装置。

4. 請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項において、上記各インダクタは昇降手段により上記被圧延材の板厚の方向にそれぞれ移動可能に構成されていることを特徴とするトランスバース型誘導加熱装置。

5. 請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項において、上記インダクタを上記被圧延材の進行方向に少なくとも 2 組配置して、上記搬送ロールを上記インダクタ間に配置したことを特徴とするトランスバース型誘導加熱装置。

6. 請求項 5 において、上記各インダクタの鉄心は上記被圧延材の板幅中心線上に配置されていることを特徴とするトランスバース型誘導加熱装置。

7. 請求項 5 又は請求項 6 のいずれか一項において、上記搬送ロールは表面を電気絶縁部材でコーティングされていることを特徴とするトランスバース型誘導加熱装置。

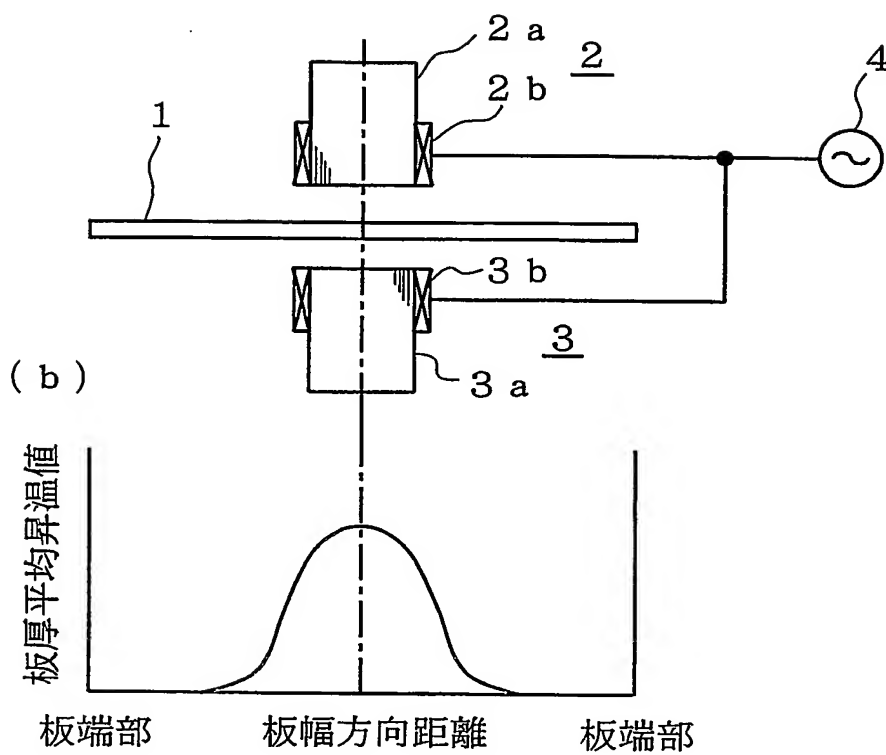
8. 請求項 1 において、上記鉄鋼熱延ラインの上流から下流に向かって上記インダクタを複数台配置して上記各インダクタにそれぞれ個別に上記交流電源を接続して、上記交流電源の加熱周波数を上記鉄鋼熱延ラインの上流から F_1 、 F_2 、 \dots F_n とし、 $K = 1.05 \sim 1.20$ としたときに、上記各交流電源の加熱周波数が、下記式 (3) の関係を満足するように設定されていることを特徴とするトランスバース型誘導加熱装置。

$$F_1 > F_2 \times K > \dots > F_n \times K^{n-1} \quad \text{--- (3)}$$

1 / 10

第1図

(a)

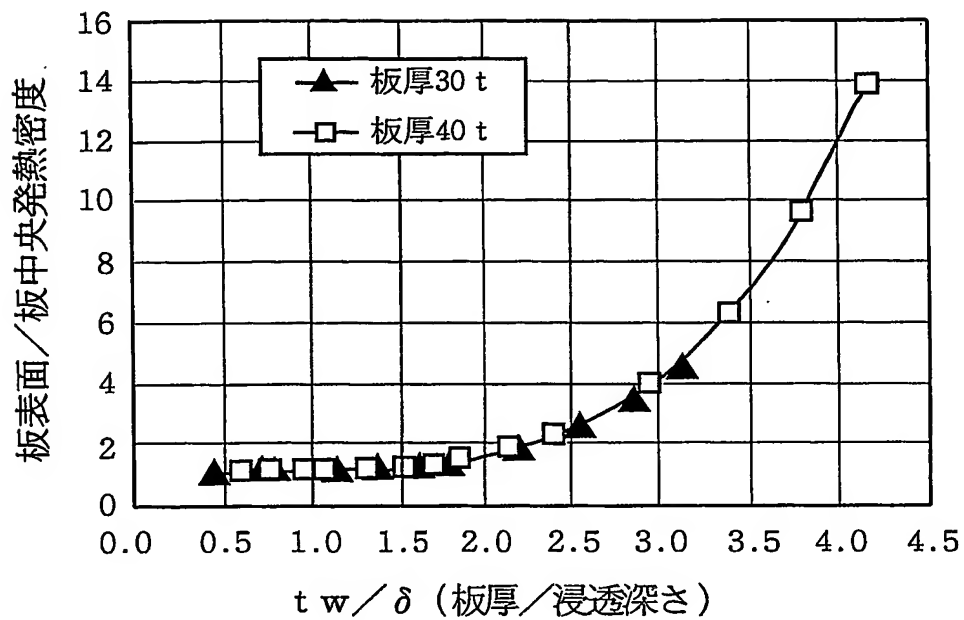


(b)

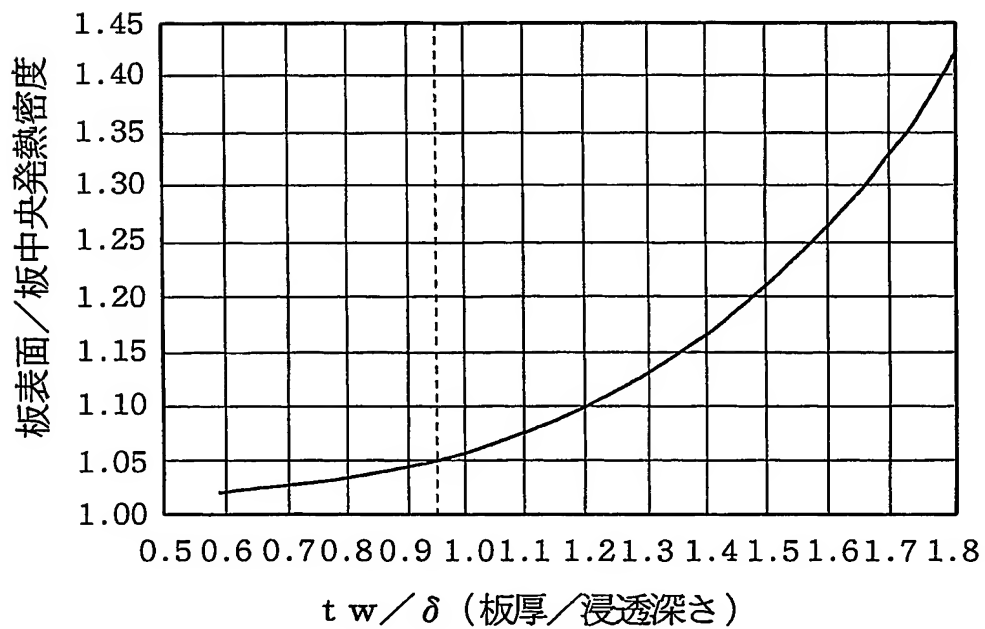
- 1 : 被圧延材
2, 3 : インダクタ
2 a, 3 a : 鉄心
2 b, 3 b : コイル

2 / 10

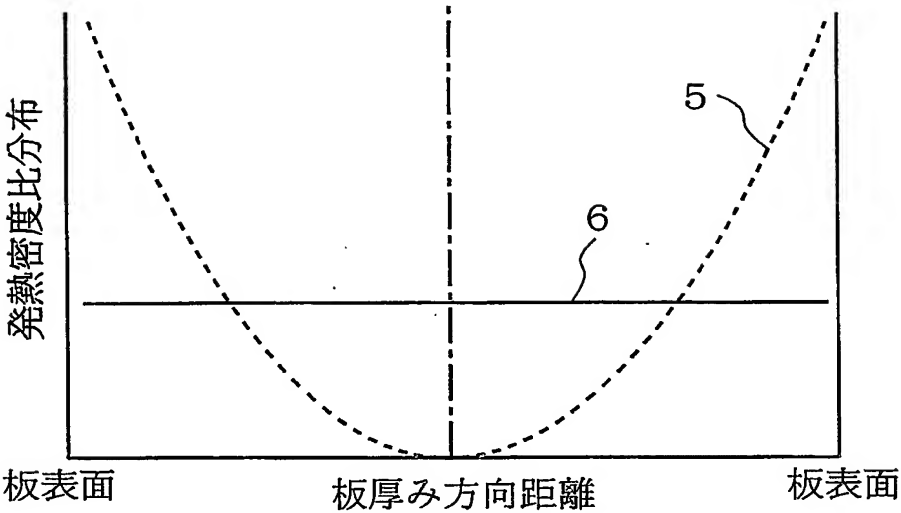
第2図



第3図

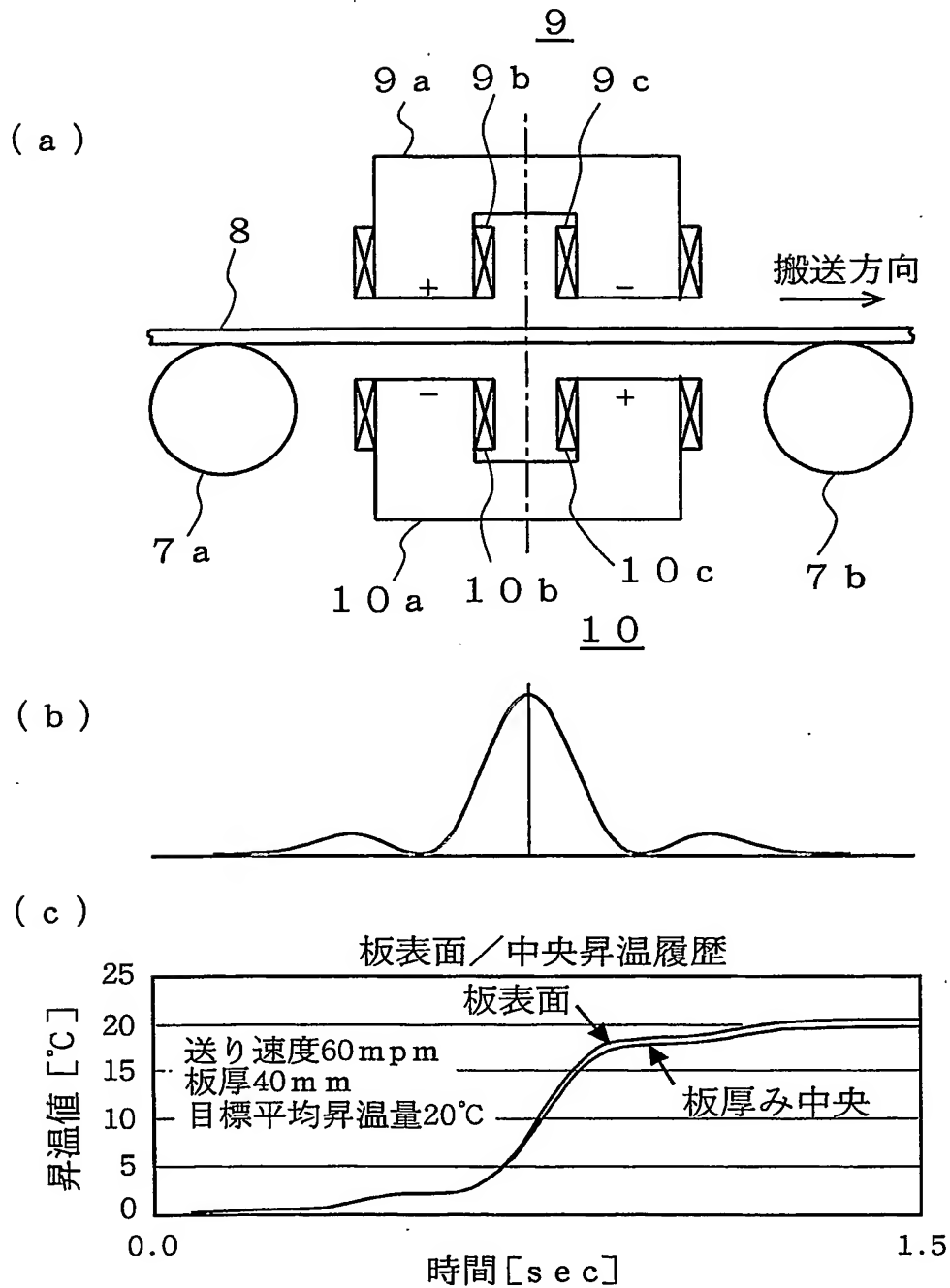


3 / 1 0
第 4 図



4 / 10

第5図



7 a, 7 b : 搬送ロール

8 : 被圧延材

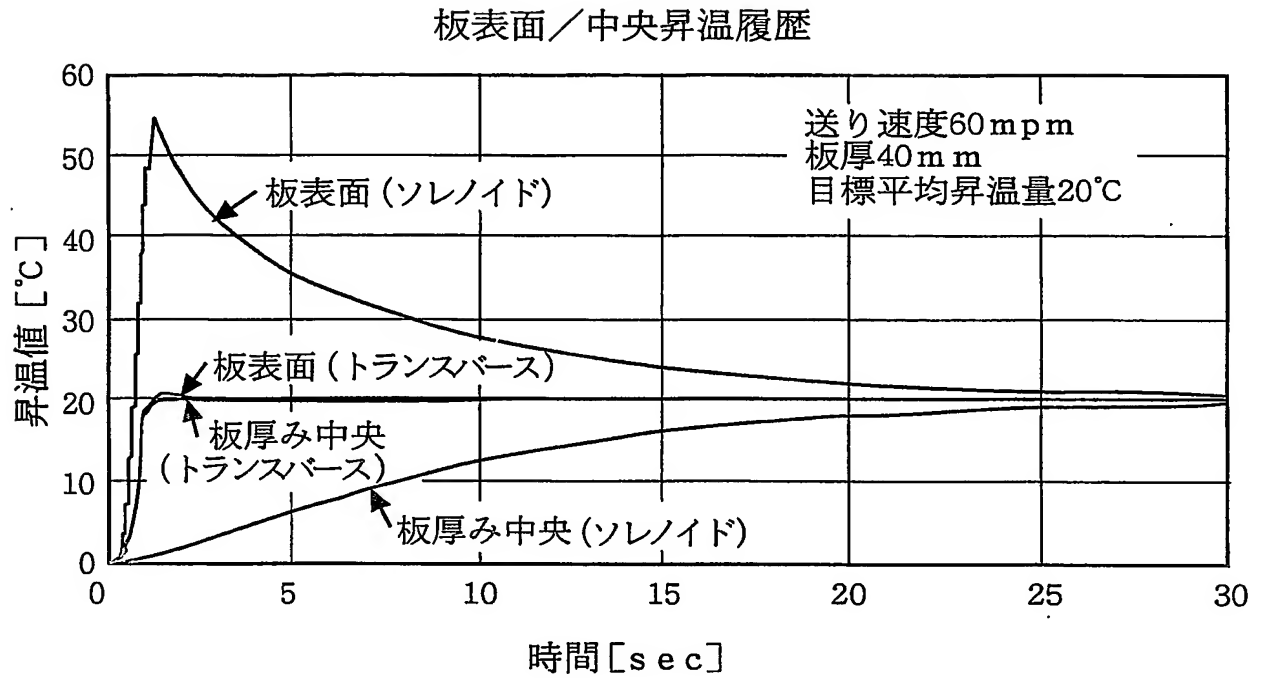
9, 10 : インダクタ

9 a, 10 a : 鉄心

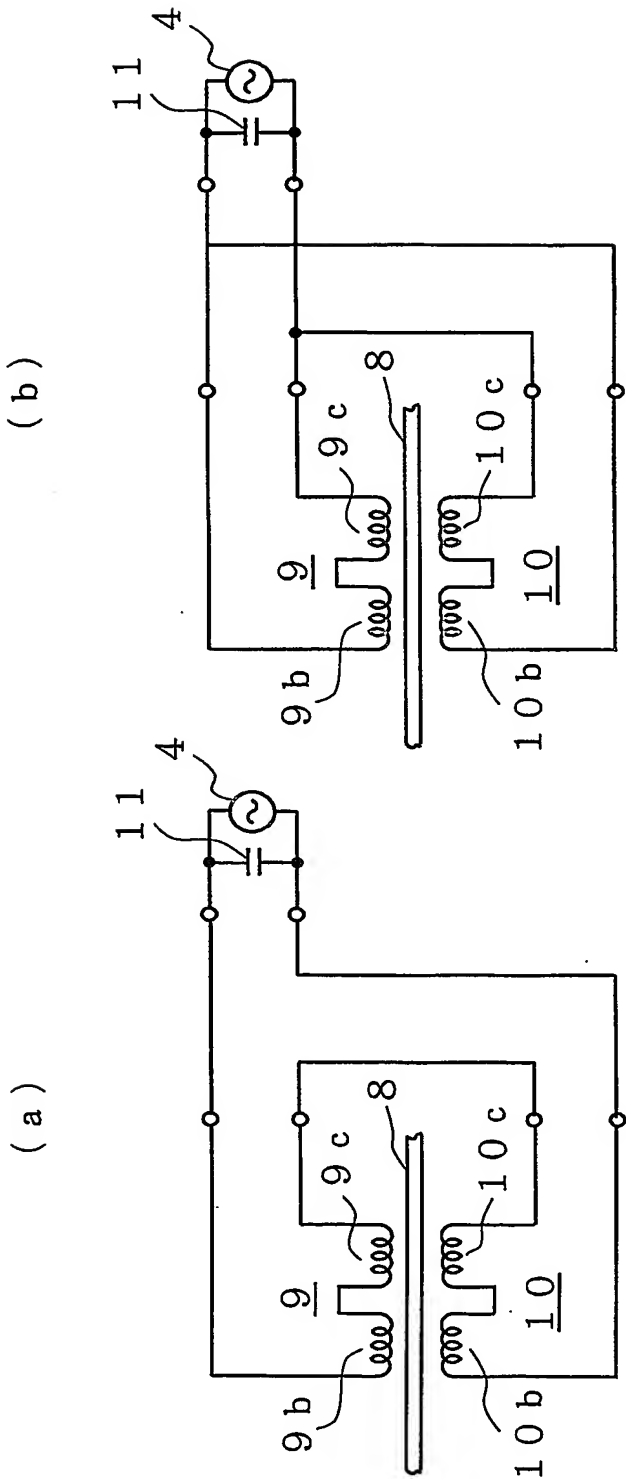
9 b, 9 c, 10 b, 10 c : コイル

5 / 10

第6図

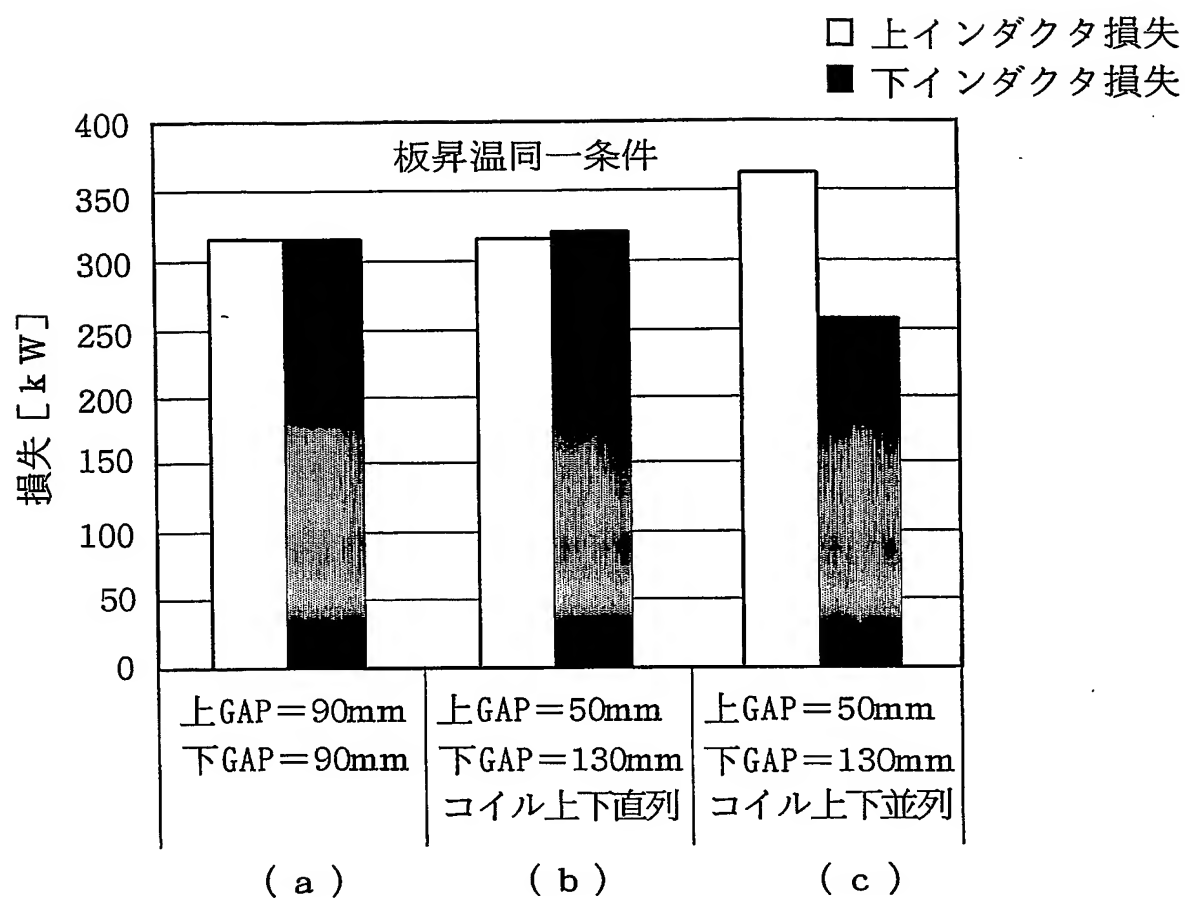


6/10
第7図



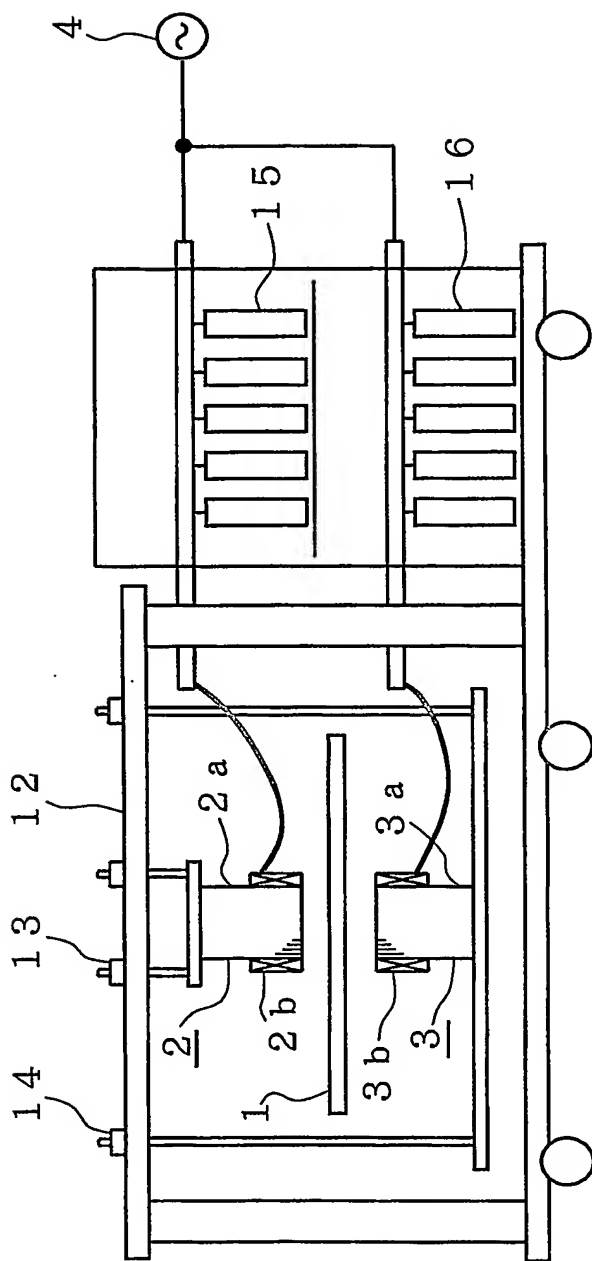
7 / 10

第8図



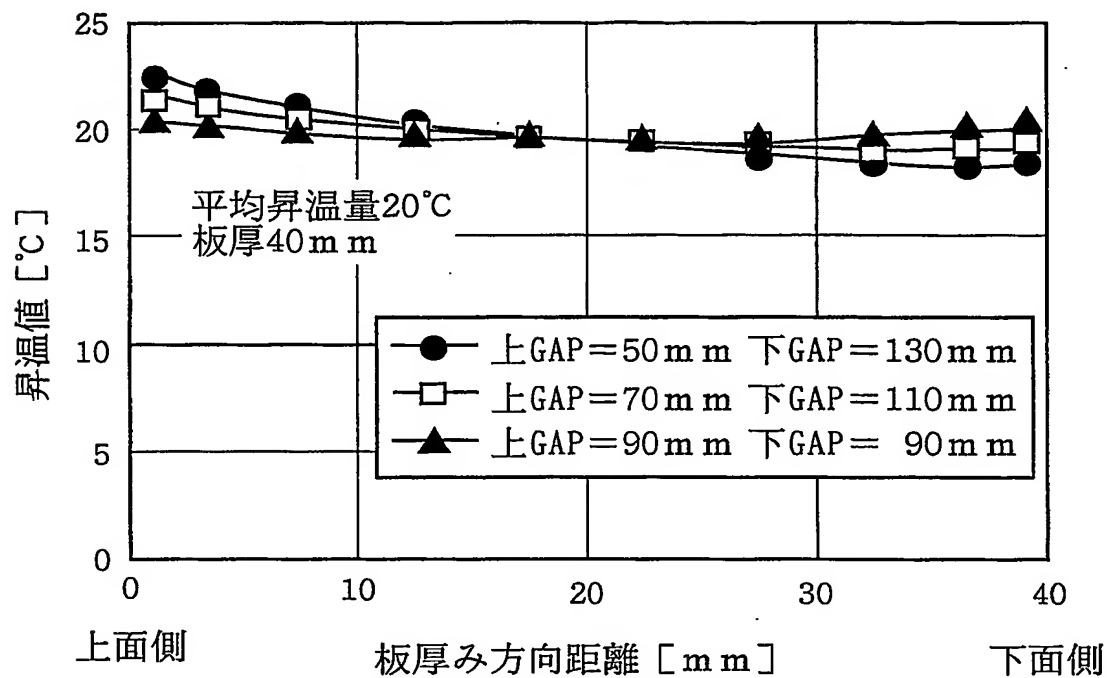
8/10

第9図

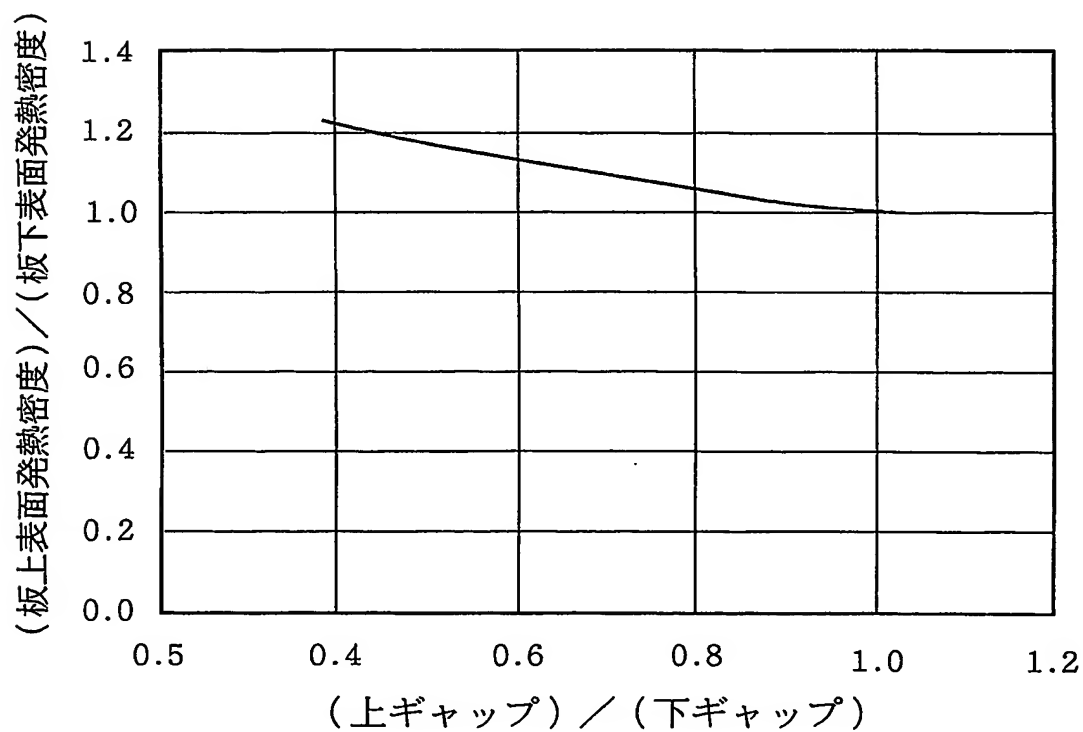


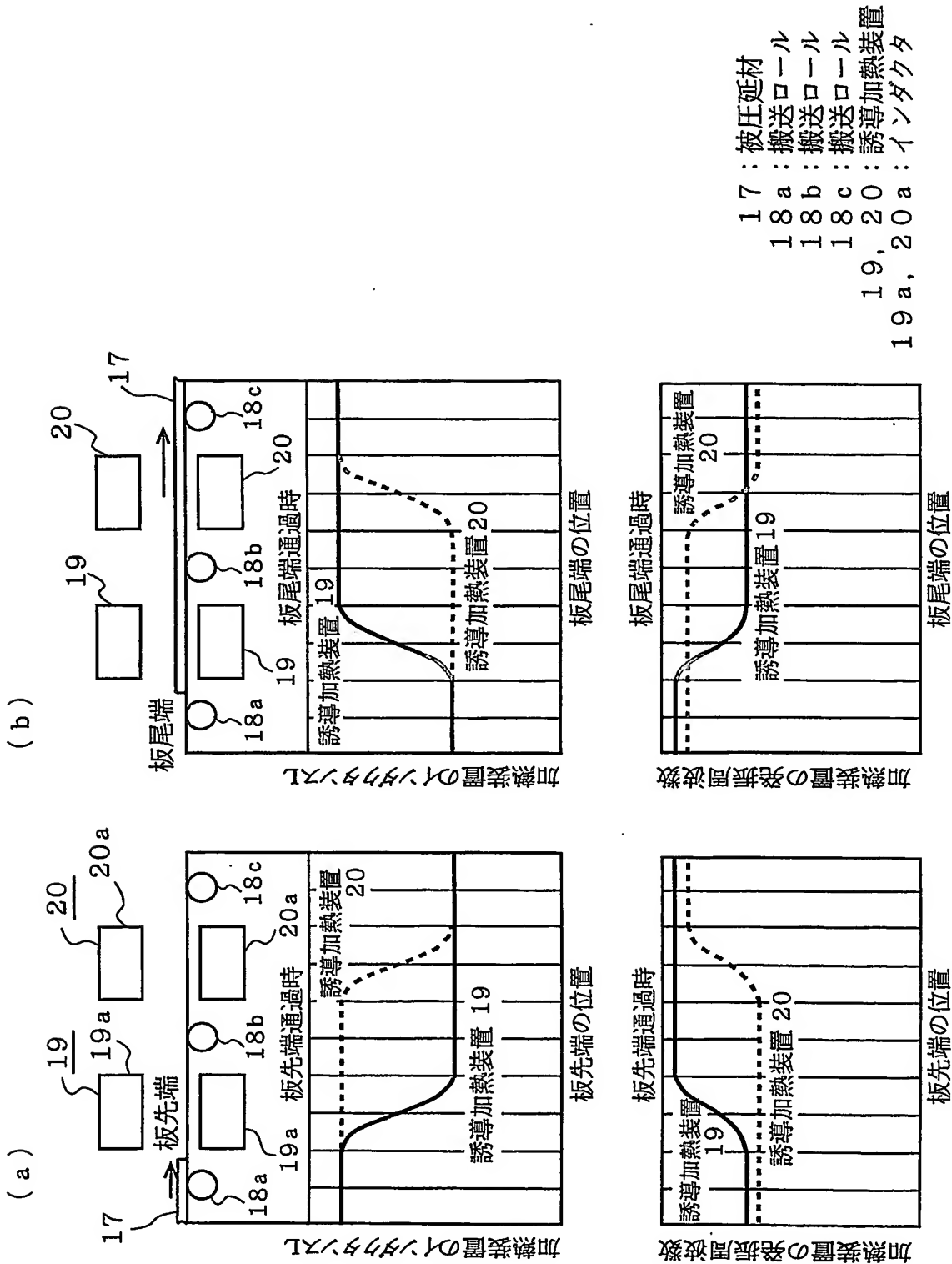
9 / 10

第10図



第11図





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004174

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H05B6/10, B21B45/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H05B6/10, B21B45/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-94818 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 14 April, 1998 (14.04.98), Par. Nos. [0017] to [0025]; Fig. 4 (Family: none)	1-7
Y	JP 58-32383 A (Mitsubishi Electric Corp.), 25 February, 1983 (25.02.83), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-7
Y	JP 53-1339 A (Toyo Aluminium Kabushiki Kaisha), 09 January, 1978 (09.01.78), Page 2, upper left column, line 10 to lower left column, line 8; Figs. 2 to 3 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 June, 2004 (29.06.04)

Date of mailing of the international search report

13 July, 2004 (13.07.04)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004174

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 51-122649 A (Uddeholms AB.), 26 October, 1976 (26.10.76), Page 3, upper right column, lines 9 to 19; drawings & SE 7503828 A & DE 2612153 A & FR 2306269 A	4-7
Y A	JP 2003-82412 A (NKK Corp.), 19 March, 2003 (19.03.03), Par. Nos. [0052] to [0055]; Figs. 1 to 2. & TW 528808 B & WO 02/50317 A1	5-7 8
Y	JP 6-38563 Y2 (Nisshin Steel Co., Ltd.), 12 October, 1994 (12.10.94), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ H05B6/10, B21B45/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ H05B6/10, B21B45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-94818 A (住友金属工業株式会社) 1998.04.14, 段落【0017】-【0025】, 図4 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 58-32383 A (三菱電機株式会社) 1983.02.25, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 53-1339 A (東洋アルミニウム株式会社) 1978.01.09, 第2頁左上欄第10行-左下欄第8行, 第2-3図 (ファミリーなし)	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.06.2004

国際調査報告の発送日

13.7.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

結城 健太郎

3L 3024

電話番号 03-3581-1101 内線 3335

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 51-122649 A (ウツデホルムスアクチーボラグ) 1976. 10. 26, 第3頁右上欄第9-19行, 図面 & SE 7503828 A & DE 2612153 A & FR 2306269 A	4-7
Y	JP 2003-82412 A (日本鋼管株式会社) 2003. 03. 19, 段落【0052】～【0055】, 図1-2 & TW 528808 B	5-7
A	& WO 02/50317 A1	8
Y	JP 6-38563 Y2 (日新製鋼株式会社) 1994. 10. 12, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	7